

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 922 893 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
16.06.1999 Patentblatt 1999/24(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: F16K 31/02

(21) Anmeldenummer: 98115211.9

(22) Anmeldetag: 13.08.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE  
Benannte Erstrecksstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

- Maichl, Martin  
73084 Salach (DE)
- Vollmer, Herbert, Dr.  
73274 Notzingen (DE)

(30) Priorität: 13.12.1997 DE 29722085 U

(71) Anmelder: Festo AG & Co  
73734 Esslingen (DE)(72) Erfinder:  
• Stoll, Kurt, Dr.  
72732 Esslingen (DE)(74) Vertreter:  
Abel, Martin, Dipl.-Ing.  
Patentanwälte Dipl.-Ing. R. Magenbauer  
Dipl.-Phys. Dr. O. Reimold  
Dipl.-Phys. Dr. H. Vetter  
Dipl.-Ing. M. Abel  
Hölderlinweg 58  
73728 Esslingen (DE)

## (54) Ventil

(57) Es wird ein Ventil vorgeschlagen, das ein Schaltelement (21) aufweist, das mittels einer Betätigungseinrichtung zwischen zwei Schaltstellungen umschaltbar ist. Die Betätigungseinrichtung enthält wenigstens zwei aktiv betätigbare Antriebseinheiten (44, 45), die jeweils zwischen mehreren Betriebszuständen umschaltbar sind. Die erste Antriebseinheit (44) bringt in einem ersten Betriebszustand die auf das Schaltelement einwirkende Haltekraft auf und bewirkt in einem zweiten Betriebszustand eine wenigstens teilweise Aufhebung

der Haltekraft. Die zweite Antriebseinheit (45) ist in einen Umschalt-Betriebszustand umschaltbar, in dem dem Schaltelement eine zum Umschalten zwischen seinen Schaltstellungen erforderliche Umschaltkraft auferlegt wird. Diese funktionsmäßige Aufteilung ermöglicht ein sicheres Umschalten bei großen Schaltwegen und gewährleistet gleichzeitig hohe Haltekraften in den einzelnen Schaltstellungen.

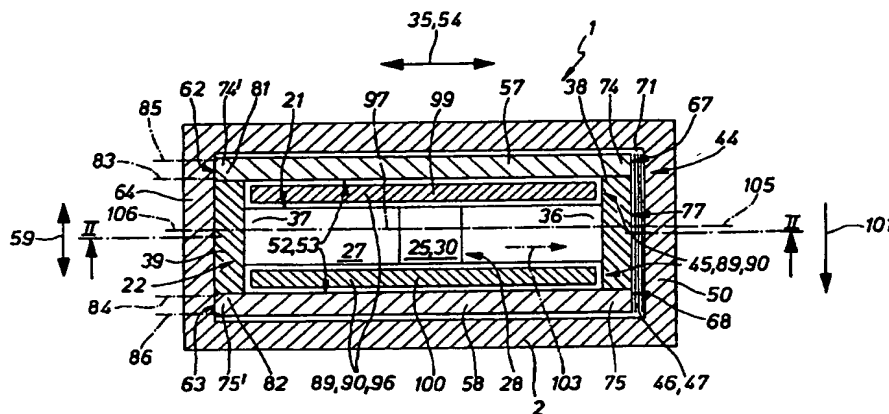


Fig. 1

EP 0 922 893 A1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Ventil, mit einem in einem Ventilgehäuse angeordneten Schaltelement, das mittels einer Betätigungseinrichtung zwischen wenigstens zwei Schaltstellungen umschaltbar ist, in denen das Schaltelement durch eine von der Betätigungseinrichtung aufbringbare Haltekraft gehalten werden kann.

[0002] Ein derartiges Ventil geht beispielsweise aus dem deutschen Gebrauchsmuster 29 611 808 hervor. Das Schaltelement ist dort blattfederähnlich ausgebildet und in den beiden möglichen Schaltstellungen bezüglich einer zwischen den beiden Schaltstellungen befindlichen Neutrallage in entgegengesetzte Richtungen gewölbt. Die Betätigungseinrichtung ist von einem Aktor gebildet, der durch Aufbringen einer Zugkraft das Schaltelement aus einer Schaltstellung in die Neutrallage bewegen kann, in der es vollständig gestreckt und nicht gewölbt ist. Aufgrund der beim Bewegen des Schaltelementes in der Neutrallage vorhandenen kinetischen Energie, bewegt sich das Schaltelement durch die Neutrallage hindurch in Richtung der jeweils anderen Schaltstellung. Das bedeutet, daß die Betätigungseinrichtung die zum Umschalten auf das Schaltelement bewirkte Zugkraft in dem Moment aufheben muß, in dem sich das Schaltelement durch die Neutrallage hindurchbewegt. Anderenfalls würde das Schaltelement in seiner Umschaltbewegung gestoppt werden und ein sicheres Umschalten in die gewünschte Schaltstellung wäre nicht gewährleistet. Dies führt jedoch dazu, daß die Betätigungseinrichtung sehr exakt und schnell betätigt werden muß, um den Umschaltvorgang sicher durchzuführen, was sehr schwierig und aufwendig ist.

[0003] Desweiteren geht auch aus der DE 36 08 550 A1 ein Ventil der eingangs genannten Art hervor, bei dem die Betätigungseinrichtung von einer Piezokristall-Anordnung gebildet ist. Hierbei können nur begrenzte Schaltwege realisiert werden.

[0004] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Ventil zu schaffen, das ein sicheres Umschalten bei großen Schaltwegen gewährleistet und in den Schaltstellungen eine große Haltekraft hervorruufen kann.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Betätigungseinrichtung wenigstens zwei aktiv betätigbare Antriebseinheiten aufweist, die jeweils zwischen mehreren Betriebszuständen umschaltbar sind, wobei eine erste Antriebseinheit in einem ersten Betriebszustand die auf das Schaltelement einwirkende Haltekraft aufbringt und in einem zweiten Betriebszustand einen Umschaltzustand des Schaltelementes hervorruft, in dem die Haltekraft zumindest teilweise aufgehoben ist, und wobei eine zweite Antriebseinheit in einem Umschalt-Betriebszustand umschaltbar ist, in dem dem Schaltelement eine in der gewünschten Umschalttrichtung wirksame und ein Umschalten des im Umschaltzustand befindlichen Schaltelementes in Richtung der gewünschten Schaltstellung hervorruufende

Umschaltkraft auferlegt wird.

[0006] Dadurch, daß die Betätigungseinrichtung mehrere aktiv betätigbare Antriebseinheiten enthält, können mehrere Antriebsprinzipien miteinander kombiniert werden, so daß ein Ventil realisiert werden kann, dessen Schaltelement einfach und sicher zwischen den Schaltstellungen umschaltbar ist, wobei gleichzeitig große Haltekraft und lange Schaltwege realisierbar sind. Die Antriebseinheiten können hinsichtlich unterschiedlicher Hauptfunktionen ausgelegt werden, so daß beispielsweise die erste Antriebseinheit maßgeblich für das Aufbringen der Haltekraft und die zweite Antriebseinheit maßgeblich für die Vorgabe der Umschalttrichtung verantwortlich ist.

[0007] Vorteilhafte Weiterbildungen des Gegenstandes der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

[0008] Zweckmäßigerweise stellt mindestens eine Schaltstellung eine Schließstellung dar, in der das Schaltelement einen in das Gehäuseinnere des Ventilgehäuses einmündenden Fluidkanal fluiddicht verschließt. Somit kann beispielsweise ein Wegeventil realisiert werden. Alternativ hierzu könnte das Schaltelement den Fluidkanal auch nur teilweise verschließen, so daß es eine Drosselstellung einnehmen würde.

[0009] Vorteilhafterweise stellt der erste Betriebszustand der ersten Antriebseinheit den unbetätigten, nicht aktivierten Zustand und der zweite Betriebszustand einen betätigten, aktivierten Zustand dar. Auf diese Weise muß der ersten Antriebseinheit lediglich zum Umschalten des Schaltelementes von außen Energie zugeführt werden, wohingegen zum Aufbringen der auf das Schaltelement in einer Schaltstellung einwirkenden Haltekraft keine zusätzliche Energie von außen aufgewendet werden muß. Auch bei einem unerwünschten Energieausfall wird somit die vorhandene Schaltstellung beibehalten.

[0010] Es ist desweiteren zweckmäßig, wenn wenigstens eine und insbesondere die erste Antriebseinheit eine an eine Spannung anlegbare und von dieser Spannung abtrennbare Piezoelementanordnung aufweist, die sich beim Anlegen der Spannung in einer Verformungsrichtung ausdehnt und beim Abtrennen der Spannung wieder zusammenzieht, oder umgekehrt, so daß durch Anlegen und Abtrennen der Spannung die Antriebseinheit zwischen zwei Betriebszuständen umschaltbar ist. Mit Hilfe der Piezoelementanordnung können im zweiten Betriebszustand der ersten Antriebseinheit große Haltekraften zumindest teilweise aufgehoben werden. Hierbei ist es insbesondere zweckmäßig, wenn sich die erste Antriebseinheit bei an die Piezoelementanordnung angelegter Spannung im zweiten und bei abgetrennter Spannung im ersten Betriebszustand befindet. Somit ist lediglich während des Umschaltvorganges eine Energiezufuhr von außen notwendig, wobei der Umschaltvorgang sehr kurz ist, so daß der Energieverbrauch insgesamt gering ist.

[0011] Dazuhin ist es vorteilhaft, wenn durch die erste

Antriebseinheit der Abstand der beiden Endbereiche des Schaltelementes vorgebar ist. Bei einer Piezoelementanordnung ist hierbei das Schaltelement zweckmäßigerweise zumindest mit einem seiner beiden in Verformungsrichtung der Piezoelementanordnung weisenden Endbereiche mit der Piezoelementanordnung bewegungsgekoppelt. Aufgrund der Verformung der Piezoelementanordnung in Verformungsrichtung wird die auf das Schaltelement ausgeübte Haltekraft reduziert oder aufgehoben und es kann eine das Schaltelement in Umschaltrichtung beaufschlagende Kraft hervorgerufen werden.

[0012] Bei einer weiteren Ausführungsform kann die erste Antriebseinheit zum Aufbringen der Haltekraft über eine federelastische Einrichtung verfügen, die insbesondere von einer Druckfedereinrichtung gebildet ist. Auf diese Weise wird die Haltekraft ohne zusätzliche Energie von außen erzeugt.

[0013] Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die federelastische Einrichtung die Piezoelementanordnung in Verformungsrichtung drückend beaufschlägt. Hierdurch kann die Lebensdauer der Piezoelementanordnung vergrößert werden.

[0014] Außerdem ist es zweckmäßig, wenn das Schaltelement zumindest unter Einwirkung der Haltekraft in den Schaltstellungen eine in Umschaltrichtung ausgebauchte Form aufweist. Hierbei kann es blattfeder- oder membranähnlich und in Umschaltrichtung biegeelastisch ausgeführt sein. Durch die Erzeugung eines entsprechend in Umschaltrichtung gewölbten Verlaufes des Schaltelementes läßt sich das Schaltelement in eine zugeordnete Schaltstellung bringen.

[0015] Vorteilhaft ist es ebenfalls, wenn wenigstens eine Antriebseinheit und insbesondere die zweite Antriebseinheit kontaktlos mit dem Schaltelement zusammenarbeitet. Aufgrund dieser Maßnahme ist ein besonders verschleißarmes Umschalten des Schaltelementes möglich, was eine erhöhte Lebensdauer des Ventils mit sich bringt. Beispielsweise kann wenigstens eine Antriebseinheit und insbesondere die zweite Antriebseinheit von einem Magnetantrieb gebildet sein, der eine Magnetanordnung aufweist, die ein Magnetfeld hervorruft, das zur Erzeugung einer auf das Schaltelement einwirkenden Kraft dient. Mit Hilfe eines Magnetantriebes ist ein sicheres Umschalten bei gleichzeitig großen Schaltwegen realisierbar.

[0016] Eine Ausgestaltung des Ventils in mikrotechnologischem Aufbau kann aufgrund der sehr geringen Abmessungen vorteilhaft sein. Bei der Herstellung eines solchen Ventils, das auch als Mikro-Ventil bezeichnet werden könnte, kommen häufig Ätzverfahren zum Einsatz.

[0017] Im folgenden wird der Gegenstand der Erfindung anhand der beigefügten Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Ventils in einer schematischen

Längsschnittdarstellung quer zur Umschaltrichtung gemäß Schnittlinie I-I aus Figur 2,

Figur 2 das Ausführungsbeispiel nach Figur 1 in einer in Längsrichtung des Ventils geschnittenen schematischen Darstellung gemäß der Schnittlinie II-II in Figur 1 und

Figur 3 das Ausführungsbeispiel nach den Figuren 1 und 2 in einer quer zur Verformungsrichtung der Piezoelementanordnung geschnittenen schematischen Darstellung gemäß der Schnittlinie III-III in Figur 2.

[0018] In den Figuren 1 bis 3 ist ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Ventils 1 in verschiedenen, schematischen Schnittdarstellungen gezeigt. Das Ventil 1 verfügt über ein beispielsweise quaderförmig konturiertes Ventilgehäuse 2, das in einer alternativen Ausführungsform auch eine beliebige andere Gestalt besitzen könnte.

[0019] Das Ventil 1 ist in der vorliegenden Ausführung als 3/2-Wegeventil ausgestaltet, wobei drei Fluidkanäle 3,4,5 in das Gehäuseinnere des Ventilgehäuses 2 einmünden. Die Fluidkanäle 3,4,5 besitzen jeweils eine dem Gehäuseinneren des Ventilgehäuses 2 zugewandte innere Mündungsöffnung 6,7,8 und auf der jeweils entgegengesetzten Seite des Fluidkanals 3,4,5 eine von außen zugängliche äußere Mündungsöffnung 9,10,11.

[0020] Im Bereich der äußeren Mündungsöffnung 9,10,11 eines betreffenden Fluidkanals 3,4,5 sind Fluidleitungen oder weitere Bauteile, wie z.B. ein Schalldämpfer anschließbar, so daß das Ventil 1 in einen Fluidkreislauf eingebunden oder mit anderen fluidischen Bauteilen verbunden werden kann. Als Druckmedium wird im vorliegenden Fall Druckluft verwendet, wobei der Einsatz anderer Druckmedien ebenfalls möglich ist.

[0021] Beim Ausführungsbeispiel bildet der erste Fluidkanal 3 einen Speisekanal, der üblicherweise mit einer Druckmittelquelle verbunden ist. Ihm liegt auf der entgegengesetzten Seite des Ventilgehäuses 2 der zweite Fluidkanal 4 gegenüber, so daß die Längsachsen der beiden Fluidkanäle 3,4 zusammenfallen. Der zweite Fluidkanal 4 bildet im vorliegenden Fall einen Entlüftungskanal, an den bei der Verwendung von Druckluft als Druckmedium bei Bedarf ein Schalldämpfer anschließbar ist. Der dritte Fluidkanal 5 ist auf derselben Seite des Ventilgehäuses 2 wie der vom zweiten Fluidkanal 4 gebildete Entlüftungskanal angeordnet und bildet einen Arbeitskanal, der mit einem zu betätigenden Verbraucher verbindbar ist. Grundsätzlich könnte der dritte Fluidkanal 5 auch an einer beliebigen anderen Stelle in das Ventilgehäuse 2 einmünden.

[0022] Zumindest im Bereich der inneren Mündungsöffnungen 6,7 des ersten und zweiten Fluidkanals 3 bzw. 4 ist jeweils ein die zugeordnete Mündungsöffnung

6,7 vollständig umschließender, zweckmäßigerweise in das Innere des Ventilgehäuses 2 vorstehender Ventil-  
sitz 16,17 gebildet. Beim Ausführungsbeispiel weist  
auch der Bereich der inneren Mündungsöffnung 8 des  
dritten Fluidkanals 5 einen vergleichbaren kragenarti-  
gen Vorsprung 18 auf.

[0023] Bei einem 3/2-Wegeventil kann der Arbeitska-  
nal entweder mit dem Entlüftungskanal oder dem Spei-  
sekanal verbunden werden. Es versteht sich, daß bei  
nicht näher dargestellten Ausführungsformen des Ven-  
tils 1 auch andere Ventilarten realisierbar wären, bei-  
spielsweise ein 2/2-Wegeventil.

[0024] Das Ventil 1 enthält ein im Ventilgehäuse 2  
angeordnetes Schaltelement 21, das mittels einer Betä-  
tigungseinrichtung 22 zwischen zwei Schaltstellungen  
umschaltbar ist. Beide möglichen Schaltstellungen stel-  
len beim Ausführungsbeispiel jeweils eine Schließstel-  
lung dar, in der das Schaltelement 21 einen der beiden  
in das Gehäuseinnere des Ventilgehäuses 2 einmün-  
denden ersten bzw. zweiten Fluidkanäle 3,4 fluiddicht  
verschließt.

[0025] In der ersten Schaltstellung, die in Figur 2 in  
ausgezogenen Linien dargestellt ist, wird der als Spei-  
sekanal ausgebildete erste Fluidkanal 3 fluiddicht ver-  
schlossen, wobei gleichzeitig der vom dritten Fluidkanal  
5 gebildete Arbeitskanal mit dem am zweiten Fluidkanal  
4 gebildeten Entlüftungskanal fluiddicht verbunden ist.

[0026] In der in Figur 2 strichpunktiert angedeuteten,  
ebenfalls eine Schließstellung darstellenden zweiten  
Schaltstellung des Schaltelementes 21 wird der zweite  
Fluidkanal 4 verschlossen, wobei nunmehr der erste  
und dritte Fluidkanal 3,5 in fluidischer Verbindung ste-  
hen.

[0027] In Abhängigkeit vom Ventiltyp müssen nicht  
beide Schaltstellungen eine Schließstellung definieren.  
So könnte beispielsweise bei einer alternativen, nicht  
näher dargestellten Ausführungsform anstatt einer  
Schließstellung auch eine Drosselstellung vorgesehen  
sein, in der das Schaltelement 21 den betreffenden  
Fluidkanal lediglich teilweise verschließt, um die Durch-  
flußmenge zu reduzieren. Auch könnte eine Schaltstel-  
lung eine reine Offenstellung sein, in der das  
Schaltelement lediglich einen Fluidkanal freigibt, ohne  
einen anderen ganz oder teilweise zu verschließen. Die  
Anzahl der Schaltstellungen kann je nach Ausführungs-  
form des Ventils 1 ebenfalls variieren.

[0028] Im Ausführungsbeispiel wird das Schaltele-  
ment 21 in den beiden Schaltstellungen jeweils durch  
eine von der Betätigungseinrichtung 22 aufgebrachte  
Haltekraft gehalten. Es weist zumindest unter Einwir-  
kung der Haltekraft in den Schaltstellungen eine in  
Umschaltrichtung 24 ausgebauchte bzw. gewölbte  
Form auf. Die Gestaltung des Schaltelementes 21 kann  
auch derart sein, daß es im unbeaufschlagten Zustand  
aufgrund seiner Eigenspannungen bereits zu einer  
Seite hin ausgewölbt ist. Dabei kann beidseits einer  
Neutralstellung eine stabile ausgewölbte Formgebung  
vorliegen, so daß sich beim Umschalten ein Schnapp-  
effekt einstellt.

fekt einstellt.

[0029] Beim Ausführungsbeispiel enthält das Schalt-  
element 21 einen eine Verschußpartie 25 tragenden,  
blattfederähnlichen, in Umschaltrichtung 24 biegeelasti-  
schen Schaltkörper 27. In einer jeweiligen Schließstel-  
lung des Schaltelementes 21 liegt die Verschußpartie  
25 am zugeordneten Ventilsitz 16,17 an und verschließt  
den betreffenden Fluidkanal 3,4 fluiddicht bezüglich des  
Gehäuseinneren des Ventilgehäuses 2. Dabei ist der  
längliche Schaltkörper 27 in Umschaltrichtung 24  
gewölbt, derart, daß die Verschußpartie 25 im Bereich  
des Hochpunktes der Wölbung sitzt. In einer jeweiligen  
Schließstellung könnte die Haltekraft auch als Schließ-  
kraft bezeichnet werden, da sie die Verschußpartie 25  
gegen den zugeordneten Ventilsitz 16,17 drückt.

[0030] Beim bevorzugten Ausführungsbeispiel hat der  
Schaltkörper 27 eine längliche, leisten- oder platten-  
ähnliche Gestalt und kann im wesentlichen rechteckför-  
mig konturiert sein. Er verfügt über zwei Seitenflächen  
28,29, die im wesentlichen quer zur Umschaltrichtung  
24 verlaufen. Zumindest in einer nicht gewölbten Zwi-  
schen- bzw. Neutrallage des Schaltelementes 21, in der  
sich der Schaltkörper 27 in etwa in einer Ebene  
erstreckt, sind die Seitenflächen 28,29 quer und ins-  
besondere rechtwinkelig zur Umschaltrichtung 24 aus-  
gerichtet.

[0031] Die Verschußpartie 25 ist beispielsweise von  
einer Dichtkörperanordnung 30 gebildet, wobei auf bei-  
den Seitenflächen 28,29 des Schaltkörpers 27 ein vor-  
zugsweise quaderförmiger Dichtkörper 31,32  
angeordnet ist, der mit dem in einer entsprechenden  
Schließstellung ihm zugeordneten Ventilsitz 16,17  
zusammenarbeitet. Es versteht sich, daß die von der  
Dichtkörperanordnung 30 gebildete Verschußpartie 25  
auch eine andere Form aufweisen könnte. Es ist ins-  
besondere möglich, einen integralen Abschnitt des  
Schaltkörpers 27 selbst als Verschußpartie vorzuse-  
hen.

[0032] Es wäre ebenfalls möglich, anstatt der beim  
Ausführungsbeispiel vorgesehenen blattfederähnlichen  
Gestaltung des Schaltelementes 21 eine in Umschal-  
trichtung 24 federelastische oder biegeelastische, mem-  
branähnliche Formgebung vorzusehen.

[0033] Das Schaltelement 21 ist beim Ausführungs-  
beispiel mit seinen beiden quer zur Umschaltrichtung  
24 in Längsrichtung 35 des Ventils 1 weisenden Endbe-  
reichen 36,37 an jeweils einem Lagerteil 38,39 gela-  
gert, so daß sich das Schaltelement 21 brückenähnlich  
zwischen den beiden Lagerteilen 38,39 erstreckt. Es  
kann sich dabei um eine lose Lagerung handeln, wobei  
das Schaltelement 21 beispielsweise in Vertiefungen  
der Lagerteile 38,39 lose eingesteckt ist. In den beiden  
Schaltstellungen verläuft das Schaltelement 21 in  
Umschaltrichtung 24 gewölbt zwischen den beiden  
Lagerteilen 38,39.

[0034] Zum Halten und Umschalten des Schaltele-  
mentes 21 in bzw. zwischen seinen beiden Schaltstel-  
lungen weist die Betätigungseinrichtung 22 wenigstens

zwei und beim bevorzugten Ausführungsbeispiel eine erste und eine zweite Antriebseinheit 44,45 auf, die jeweils zwischen mehreren Betriebszuständen umschaltbar sind. Vorzugsweise weist sowohl die erste Antriebseinheit 44, wie auch die zweite Antriebseinheit 45 zwei Betriebszustände auf.

[0035] In einem ersten Betriebszustand bringt die erste Antriebseinheit 44 die auf das Schaltelement 21 einwirkende Haltekraft auf, die das Schaltelement 21 in einer jeweiligen Schaltstellung hält. In den beispielsweise als Schließstellungen ausgebildeten Schaltstellungen bildet die Haltekraft eine Schließkraft, mit der die Verschlußpartie 25 gegen den zugeordneten Ventilsitz 16,17 angedrückt wird.

[0036] Zur Erzeugung der Halte- bzw. Schließkraft verfügt die erste Antriebseinheit 44 über eine federelastische Einrichtung 46, die von einer insbesondere als Druckfedereinrichtung 47 ausgeführten Federeinrichtung gebildet ist. Bei der Druckfedereinrichtung 47 kann es sich beispielsweise um eine Tellerfederanordnung handeln.

[0037] Die von der Druckfedereinrichtung 47 gebildete federelastische Einrichtung 46 beaufschlagt das Schaltelement 21 in Längsrichtung 35, das sich unter der drückenden Beaufschlagung in Umschaltrichtung 24 seitwärts auswölbt. Beim Ausführungsbeispiel ist die Druckfedereinrichtung 47 zwischen einer sich quer zur Längsrichtung 35 erstreckenden ersten endseitigen Stirnwand 50 des Ventilgehäuses 2 und dem dieser ersten Stirnwand 50 vorgelagerten Lagerteil 38 angeordnet. Die Druckfedereinrichtung 47 ist dabei in Längsrichtung 35 derart vorgespannt, daß sie das Lagerteil 38 von der Stirnwand 50 weg und dabei in Richtung des anderen, im entgegengesetzten Längsendbereich des Ventils 1 angeordneten Lagerteils 39 drückt. Hierbei versteht es sich von selbst, daß die Druckfederanordnung alternativ auch das andere Lagerteil 39 oder beide Lagerteile 38,39 drückend beaufschlagen könnte. Desweiteren könnte in Abwandlung des hier dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispiels das Schaltelement 21 auch unmittelbar und ohne Zwischenschaltung der Lagerteile 38,39 mit der Druckfedereinrichtung 47 zusammenarbeiten.

[0038] In einem zweiten Betriebszustand ruft die erste Antriebseinheit 44 einen Umschaltzustand des Schaltelementes 21 hervor, in dem die von der federelastischen Einrichtung 46 hervorgerufene Haltekraft ganz oder teilweise aufgehoben ist. Dies geschieht beim Ausführungsbeispiel mittels eines geeigneten Aktors 52 der ersten Antriebseinheit 44. Es kann dabei lediglich eine Entlastung des Schaltelementes 21 oder auch eine Beaufschlagung des Schaltelementes 21 erfolgen, was in der Regel davon abhängen wird, wie stark das Schaltelement 21 durch seine Eigenspannung in die gewölbte Form vorgespannt ist.

[0039] Desweiteren verfügt beim Ausführungsbeispiel wenigstens eine und vorliegend die erste Antriebseinheit 44 über eine an eine Spannung anlegbare und von

dieser Spannung abtrennbare Piezoelementanordnung 53, die bei der bevorzugten Ausführungsform den Aktor 52 der ersten Antriebseinheit 44 bildet. Alternativ könnte die erste Antriebseinheit auch zum Beispiel mit magnetostriktivem Funktionsprinzip aufgebaut sein.

[0040] Beim Anlegen einer Spannung von außen an die Piezoelementanordnung 53 dehnt sich diese in einer Verformungsrichtung 54 aus, wohingegen sie sich beim Abtrennen dieser Spannung wieder zusammenzieht, so daß sie ihre ursprünglichen Abmessungen wieder annimmt. Solange die Spannung an der Piezoelementanordnung 53 anliegt, behält diese ihren ausgedehnten Zustand bei. Auf diese Weise ist durch das Anlegen und Abtrennen der Spannung die erste Antriebseinheit 44 zwischen ihren beiden Betriebszuständen umschaltbar, die sich durch unterschiedliche Längen der Piezoelementanordnung 53 voneinander unterscheiden. Alternativ wäre es auch möglich, die Piezoelementanordnung so auszulegen, daß sie sich beim Anlegen einer Spannung zusammenzieht und beim Abtrennen der Spannung wieder ausdehnt. Beim ersten Betriebszustand handelt es sich zweckmäßigerweise um den unbetätigten, nicht aktivierten Zustand der ersten Antriebseinheit 44, wobei keine Spannung an der Piezoelementanordnung 53 anliegt. Folglich ist der zweite Betriebszustand der ersten Antriebseinheit 44 der betätigte, aktivierte Zustand, bei dem eine Spannung an der Piezoelementanordnung 53 anliegt.

[0041] Vorzugsweise verfügt die Piezoelementanordnung 53 über zwei insbesondere quader- oder plattenähnliche Piezoelemente 57,58, die sich in Verformungsrichtung 54 im wesentlichen parallel zum Schaltelement 21 erstrecken und beiderseits des Schaltelementes 21 angeordnet sind. Die Abmessung in einer Querrichtung 59 quer zur Verformungsrichtung 54 und zur Umschaltrichtung 24 der Piezoelemente 57,58 ist relativ gering, verglichen zu den Abmessungen in Umschaltrichtung 24 und in Verformungsrichtung 54, so daß es sich hier um plattenartige Piezoelemente 57,58 handelt.

[0042] Die Piezoelemente 57,58 liegen jeweils mit ihrer in Verformungsrichtung 54 weisenden ersten Stirnfläche 62,63 an der ersten Stirnwand 50 entgegengesetzten zweiten Stirnwand 64 des Ventilgehäuses 2 an. Die Stirnflächen 62,63 der Piezoelemente 57,58 können hierbei fest mit der zugeordneten zweiten Stirnwand 64 verbunden sein.

[0043] Die den ersten Stirnflächen 62,63 entgegengesetzten, ebenfalls in Verformungsrichtung 54 weisenden zweiten Stirnflächen 67,68 der Piezoelemente 57,58 sind mit Abstand zur zugeordneten ersten Stirnwand 50 des Ventilgehäuses 2 angeordnet, so daß zwischen den Stirnflächen 67,68 und der zugeordneten ersten Stirnwand 50 ein Ausdehnungsspalt 71 gebildet ist, der der Piezoelementanordnung 53 einen gewissen Spielraum zur Ausdehnung in Verformungsrichtung 54 einräumt.

[0044] Beispielsgemäß ist die federelastische Einrichtung

tung 46, die sich wie bereits erwähnt, an der ersten Stirnwand 50 des Ventilgehäuses 2 abstützt, zumindest teilweise im Ausdehnungsspalt 71 angeordnet, so daß sie zusätzlich zum Lagerteil 38 auch die von den Piezoelementen 57,58 gebildete Piezoelementanordnung 53 in Verformungsrichtung 54 drückend beaufschlagt. Die federelastische Einrichtung 46 übt somit auf die zweiten Stirnflächen 67,68 der Piezoelementanordnung 53 eine Kraft aus, die die Piezoelementanordnung 53 in Richtung ihrer nicht ausgedehnten, bei abgetrennter Spannung vorliegenden Ruheposition beaufschlagt. Die federelastische Einrichtung 46 beaufschlagt also zweckmäßigerweise nicht nur das Schaltelement 21, sondern auch die Piezoelementanordnung 53.

[0045] Durch die vorliegend als Piezoelementanordnung 53 ausgeführte erste Antriebseinheit 44 ist beim Ausführungsbeispiel der in Längsrichtung 35 gemessene Abstand der beiden Endbereiche 36,37 des Schaltelementes 21 vorgebar. Dies ist in der vorliegenden Ausführungsform dadurch erreicht, daß das aufgrund seiner Eigenspannung zur Einnahme einer gestreckten Formgebung tendierende federelastische Schaltelement 21 zumindest mit einem seiner in Verformungsrichtung 54 weisenden Endbereiche 36,37 mit der Piezoelementanordnung 53 bewegungsgekoppelt ist. Hierfür ist das dem einen Endbereich 36 zugeordnete Lagerteil 38 mit den der federelastischen Einrichtung 46 zugeordneten benachbarten Endbereichen 74,75 der Piezoelemente 57,58 fest verbunden. Auch das andere Lagerteil kann mit dem zugeordneten benachbarten Endbereich 74,75 der Piezoelemente 57,58 verbunden sein.

[0046] Bei Verwendung eines im unbeaufschlagten Zustand von sich aus eine ausgewölbte Formgebung aufweisenden Schaltelementes 21 kann vorgesehen sein, daß bei betätigter erster Antriebseinheit 44 ohne nennenswerte Verformung des Schaltelementes lediglich die die Haltekraft liefernde Vorspannung ganz oder teilweise aufgehoben wird, so daß die Schaltkraft der zweiten Antriebseinheit 45 ausreicht, das Schaltelement 21 umzuschalten.

[0047] Das Lagerteil 38 ist z.B. quaderförmig ausgebildet und erstreckt sich in Querrichtung 59 zwischen den beiden Piezoelementen 57,58. Die der federelastischen Einrichtung 46 zugewandte Beaufschlagungsfläche 77 des Lagerteils 38 schließt bündig mit den benachbarten Stirnflächen 67,68 der Piezoelemente 57,58 ab. Das Lagerteil 38 bewegt sich somit in Verformungsrichtung 54 vom anderen Lagerteil 39 weg bzw. auf dieses zu, wenn die Piezoelementanordnung 53 mit einer Spannung beaufschlagt bzw. von der Spannung abgetrennt wird.

[0048] Zum Anlegen der Spannung an die Piezoelementanordnung 53 ist von den Endbereichen 74,75 der Piezoelemente 57,58 und den jeweils in Verformungsrichtung 54 entgegengesetzten Endbereichen 81,82 der Piezoelemente 57,58 jeweils ein elektrischer Anschluß 83,84,85,86 aus dem Ventilgehäuse 2 heraus

nach außen geführt, wobei zwischen den Anschlüssen 83,85 des Piezoelementes 57 und den Anschlüssen 84,86 des Piezoelementes 58 die Spannung anlegbar ist. Zweckmäßigerweise ist die Spannung betragsmäßig und bezüglich ihrer Polarität zwischen den jeweiligen Anschlüssen 83,85 bzw. 84,86 der Piezoelemente 57, 58 gleich gewählt, so daß eine übereinstimmende Ausdehnung der beiden Piezoelemente 57,58 erreichbar ist.

[0049] Die elektrischen Anschlüsse 83,84,85,86 sind in Figur 1 strichpunktiert schematisch angedeutet und münden auf verschiedenen Seiten des Ventilgehäuses 2 nach außen. Selbstverständlich ist es ebenfalls möglich, die elektrischen Anschlüsse 83,84,85,86 derart nach außen zu führen, daß sie an einer gewünschten Stelle und zweckmäßigerweise auf einer einzigen Seite des Ventilgehäuses 2 nach außen führen. Außerdem ist es vorteilhaft, wenn die elektrischen Anschlüsse 83,84, 85,86 mit gleicher Polarität elektrisch kurzgeschlossen sind, so daß lediglich zwei Anschlüsse nach außen geführt werden müssen. Beim Ausführungsbeispiel könnten beispielsweise die jeweils in Querrichtung 59 gegenüberliegenden elektrischen Anschlüsse 83,84 bzw. 85,86 unterschiedlicher Piezoelemente 57,58 miteinander kurzgeschlossen werden.

[0050] Der erste Betriebszustand der ersten Antriebseinheit 44 stellt beim bevorzugten Ausführungsbeispiel den unbetätigten, nicht aktivierten Zustand dar. Das bedeutet, daß in diesem ersten Betriebszustand keine Spannung an die Piezoelementanordnung 53 angelegt ist. Dieser erste Betriebszustand wird somit ohne Zuführung von zusätzlicher Energie gehalten.

[0051] Zum Umschalten in ihren zweiten Betriebszustand wird die erste Antriebseinheit 44 betätigt, indem eine Spannung an die elektrischen Anschlüsse 83,84,85,86 der Piezoelementanordnung 53 angelegt wird. Dadurch dehnen sich die Piezoelemente 57,58 der Piezoelementanordnung 53 beim Ausführungsbeispiel in Verformungsrichtung 55 aus und drücken die beiden Lagerteile 38,39 entgegen der von der Druckfedereinrichtung 47 erzeugten Druckkraft auseinander, wobei sich das eine Lagerteil 39 beispielsweise gehäusefest abstützt, so daß sich lediglich das andere Lagerteil 38 in Verformungsrichtung 54 verschiebt. Hierdurch wird die von der Druckfedereinrichtung 47 hervorgerufene, in Umschaltrichtung 24 auf das Schaltelement 21 einwirkende Haltekraft vermindert oder ganz aufgehoben und das Schaltelement 21 befindet sich im Umschaltzustand. Es kann bei Bedarf vorgesehen sein, daß sich dabei die Verschlußpartie 25 des Schaltelementes 21 unter Verringerung seiner Krümmung in Umschaltrichtung 24 vom Ventil Sitz 16 weg bewegt, wobei das Schaltelement 21 letztlich sogar vollständig gestreckt sein kann. In diesem Falle kann das Schaltelement 21 während des Umschaltzustandes eine zwischen den beiden Schließstellungen befindliche Zwischenstellung einnehmen, in der es in etwa die Hälfte der Umschaltwegstrecke zurückgelegt hat. Die

erste Antriebseinheit 44 dient letztlich dazu, das Schaltelement 21 in einen Umschaltzustand überzuführen, in dem die Vorspannung des Schaltelementes 21 verringert ist.

[0052] Die zweite Antriebseinheit 45 der Betätigungseinrichtung 22 ist zwischen einem Ausgangszustand und einem Umschalt-Betriebszustand umschaltbar. Im Umschalt-Betriebszustand wird dem Schaltelement 21 eine in der gewünschten Umschaltrichtung 24 wirksame und ein Umschalten des durch Betätigung der ersten Antriebseinheit 44 in Umschaltzustand befindlichen Schaltelementes 21 in Richtung der gewünschten Schaltstellung hervorrufoende Umschaltkraft auferlegt. Mittels der zweiten Antriebseinheit 45 wird demnach eine auf das Schaltelement 21 einwirkende Umschaltkraft hervorgerufen, die in die Richtung wirkt, in die sich das Schaltelement 21 zum Einnehmen der neuen, gewünschten Schaltstellung bewegen soll, so daß sozusagen die nach dem Umschaltvorgang eingenommene Schaltstellung des Schaltelementes 21 über die zweite Antriebseinheit 45 wählbar oder vorgebbar ist. Während die erste Antriebseinheit 44 maßgeblich für die Erzeugung der Haltekraft in den beiden Schaltstellungen verantwortlich ist, liegt die Aufgabe der zweiten Antriebseinheit 45 maßgeblich in der Hervorrufung einer Umschaltkraft in einer bestimmten Umschaltrichtung.

[0053] Vorteilhafterweise arbeitet die zweite Antriebseinheit 45 kontaktlos mit dem Schaltelement 21 zusammen. Sie ist beim Ausführungsbeispiel von einem Magnetantrieb 89 gebildet, der eine Magnetanordnung 90 aufweist, die ein Magnetfeld hervorruft, das zur Erzeugung einer auf das Schaltelement 21 einwirkenden Kraft dient. Alternativ könnte die zweite Antriebseinheit 45 auch zum Beispiel auf elektrostatischem Wirkprinzip basieren.

[0054] Die Magnetanordnung 90 könnte von einer schaltbaren Elektromagnetanordnung 91 gebildet sein, deren Magnetfeld derart mit dem Schaltelement 21 zusammenarbeitet, daß es eine auf das Schaltelement 21 einwirkende Kraft hervorrufen kann. Die Elektromagnetanordnung 91 ist in Figur 2 strichpunktiert angedeutet und weist zwei Elektromagneten 92,93 auf, die in Umschaltrichtung 24 auf beiden Seiten des Schaltelementes 21 und beispielsweise außen am Ventilgehäuse 2 angeordnet sind.

[0055] Besteht nun das Schaltelement 21 zumindest teilweise aus magnetisierbarem und insbesondere ferromagnetischem Material, so kann die Umschaltkraft durch Einschalten eines der Elektromagneten 92,93 hervorgerufen werden, je nachdem in welche der beiden möglichen Schaltstellungen das Schaltelement 21 bewegt werden soll.

[0056] Alternativ hierzu ist die Magnetanordnung 90 beim Ausführungsbeispiel von einer Permanentmagnetanordnung 96 gebildet, wobei sich im Magnetfeld der Magnetanordnung wenigstens ein bestrombarer elektrischer Leiter 97 befindet, der zumindest abschnittsweise

quer zu den Magnetfeldlinien verläuft und derart mit dem Schaltelement 21 zusammenarbeitet, daß in bestromtem Zustand eine in Umschaltrichtung 24 gerichtete Kraft, die die Umschaltkraft darstellt, auf das Schaltelement 21 ausgeübt wird.

[0057] Bei der bevorzugten Ausführungsvariante enthält die Permanentmagnetanordnung 96 zwei Permanentmagnete 99,100 die insbesondere plattenähnlich ausgeführt sind. Sie erstrecken sich im wesentlichen parallel zu den ebenfalls plattenähnlichen Piezoelementen 57,58 der Piezoelementanordnung 53 und sind flankierend auf entgegengesetzten Seiten des Schaltelementes 21 angeordnet. Das Schaltelement 21 sitzt somit in Querrichtung 59 zwischen den Permanentmagneten 99,100, die wiederum zwischen dem Schaltelement 21 einerseits und dem jeweils zugeordneten Piezoelement 57,58 andererseits vorgesehen sind, wobei die Permanentmagnete 99,100 sowohl zum betreffenden Piezoelement 57,58 als auch zum Schaltelement 21 beabstandet sind. Es könnte auch vorgesehen sein, daß die Permanentmagneten 99,100 auf der dem Schaltelement 21 entgegengesetzten Außenseite der Piezoelemente 57,58 angeordnet sind. In Längsrichtung 35 bzw. in Verformungsrichtung 54 der Piezoelementanordnung befinden sich die Permanentmagneten 99,100 zwischen den beiden Lagerteilen 38,39, wobei hier ebenfalls ein Spalt zwischen den Lagerteilen 38,39 und den Permanentmagneten 99,100 vorgesehen ist.

[0058] In Umschaltrichtung 24 erstrecken sich die Permanentmagneten 99,100 innerhalb des Ventilgehäuses 2 im wesentlichen vollständig über die gesamte Ausdehnung des Inneren des Ventilgehäuses, so daß sich das Schaltelement 21 in jeder möglichen Lage und insbesondere in jeder Schaltstellung in dem von den Permanentmagneten 99,100 erzeugten Magnetfeld befindet. Die Magnetfeldlinien verlaufen quer zur Umschaltrichtung 24 in Querrichtung 59 des Ventils.

[0059] Die beiden Permanentmagnete 99,100 sind beim Ausführungsbeispiel derart polarisiert, daß der Nordpol des einen Permanentmagneten 99 und der Südpol des anderen Permanentmagneten 100 dem Schaltelement 21 zugewandt sind, so daß im Bereich des Schaltelementes 21 die Magnetfeldlinien gemäß Pfeil 101 vom einen Permanentmagneten 99 zum anderen Permanentmagneten 100 hin verlaufen.

[0060] Eine Feldbündelung ist beispielsweise dadurch möglich, daß ein Schaltelement 21 aus ferromagnetischem Material verwendet wird. Ferner ist eine Verstärkung des Magnetfeldes z.B. dadurch möglich, daß man einen ferromagnetischen Rückschluß außen zwischen den beiden Permanentmagneten vorsieht.

[0061] Beim Ausführungsbeispiel ist der elektrische Leiter 97 von einer elektrisch leitenden Partie des Schaltelementes 21 gebildet, wobei vorzugsweise der Schaltkörper 27 aus elektrisch leitfähigem Material besteht, so daß er als elektrischer Leiter dient. Um den elektrischen Stromfluß im Schaltkörper 27 hervorrufen

zu können, verfügt dieser über zwei nach außen geführte elektrische Anschlüsse 105,106, an die eine Strom- oder eine Spannungsquelle anschließbar ist. Alternativ hierzu wäre auch die Möglichkeit gegeben, wenigstens einen am Schaltelement 21 angeordneten, separaten Leiter 97 vorzusehen, der sich zwischen den elektrischen Anschlüssen 105,106 erstreckt und in Figur 1 schematisch strichpunktiert angedeutet ist. Ein solcher Leiter könnte das Schaltelement 21 spulenähnlich umschließen.

[0062] Wird die zweite Antriebseinheit 45 dadurch aktiviert, daß ein Stromfluß in dem als Leiter 97 dienenden Schaltkörper 27 erzeugt wird, so erfahren die im Schaltkörper 27 vorhandenen Elektronen aufgrund des von der Permanentmagnetanordnung 96 hervorgerufenen Magnetfeldes, in dem sich die Elektronen befinden, eine Lorentz-Kraft, die quer zur Magnetfeldrichtung 101 und quer zur gewählten Stromrichtung verläuft. Wird ein Stromfluß im Schaltkörper 27 ausgehend vom Lagerteil 39 in Richtung des durch die federelastische Einrichtung 46 beaufschlagten Lagerteils 38 gemäß Pfeil 103 in Figur 1 (technische Stromrichtung) bewirkt, so wirkt die Lorentz-Kraft in Umschalttrichtung 24 in der Art auf das Schaltelement 21 ein, daß die von der Lorentz-Kraft gebildete Umschaltkraft das Schaltelement 21 in Richtung des Ventilsitzes 17 des zweiten Fluidkanals 4 beaufschlagt. Durch eine Umkehr der Stromflußrichtung 103 kann eine Umschaltkraft in entsprechend entgegengesetzter Richtung erreicht werden. Dies wäre auch durch eine Umkehr der Magnetfeldrichtung 101 möglich, wobei hierfür anstatt der Permanentmagnetanordnung 96 eine entsprechende Elektromagnetanordnung zum Einsatz kommen kann. Die im Umschalt-Betriebszustand vorliegende Richtung der Umschaltkraft läßt sich also in Abhängigkeit von der momentanen Schaltstellung bedarfsgemäß vorgeben.

[0063] Die im zweiten Betriebszustand der ersten Antriebseinheit 44 in die Piezoelemente 57,58 eingespeiste elektrische Energie kann auch zur Erzeugung des Stromflusses im Schaltkörper 27 genutzt werden. Hierfür müßte lediglich der Schaltkörper 27 in geeigneter Weise mit den Endbereichen 74,75,81,82 der Piezoelemente 57,58 bzw. mit deren elektrischen Anschlüssen 83,84,85,86 verbunden werden. Zur Strombegrenzung des Stromes im Schaltkörper 27 kann es hierbei notwendig sein, einen zusätzlichen elektrischen Widerstand einzuschalten. Die aus der Piezoelementanordnung 53 in dem Schaltkörper 27 abgeleitete Energie ruft dann den zur Erzeugung der Lorentz-Kraft dienenden Strom hervor. Auf diese Weise kann eine weitere Einsparung von Schaltenergie erreicht werden.

[0064] Im folgenden wird ein Umschaltvorgang beispielhaft zusammenhängend erläutert.

[0065] In einer Grundstellung des Ventils 1 befindet sich die erste Antriebseinheit 44 in ihrem ersten Betriebszustand und das Schaltelement 21 nimmt die erste Schaltstellung ein, in der es den ersten Fluidkanal

3 verschließt und am ersten Ventilsitz 16 anliegt. Die zweite Antriebseinheit 45 befindet sich dabei im deaktivierten, stromlosen Ausgangszustand.

[0066] Durch das Anlegen einer Spannung an die Piezoelementanordnung 53 wird die erste Antriebseinheit 44 in ihren zweiten Betriebszustand umgeschaltet. Aufgrund der Ausdehnung der Piezoelemente 57,58 der Piezoelementanordnung 53 wird das Lagerteil 38 entgegen der Kraft der federelastischen Einrichtung 46 bewegt, so daß das Schaltelement 21 seinen Umschaltzustand mit reduzierter Haltekraft einnimmt.

[0067] Zeitgleich oder auch zeitlich verzögert wird die zweite Antriebseinheit 45 aktiviert und durch Anlegen einer Spannung an die elektrisch mit dem Schaltkörper 27 verbundenen elektrischen Anschlüsse 105,106 in den Umschalt-Betriebszustand gebracht. Dies ruft im Schaltelement 21 eine Umschaltkraft in Richtung des dem zweiten Fluidkanal 4 zugeordneten zweiten Ventilsitzes 17 hervor, so daß es sich in Richtung zur anderen Schaltstellung verbiegt. Die zweite Antriebseinheit gibt also die Umschaltrichtung vor.

[0068] Sobald das Schaltelement 21 bei der Umschalbewegung seine Zwischen- bzw. Neutralstellung passiert hat, kann die erste Antriebseinheit 44 vom zweiten Betriebszustand in den ersten Betriebszustand zurückgeschaltet werden. Dadurch erfährt das Schaltelement 21 erneut eine in Längsrichtung drückende Beaufschlagung und wird im Sinne eines Auswölbens in Richtung der gewünschten Schaltstellung zum betreffenden zweiten Ventilsitz 17 hin mit einer Haltekraft beaufschlagt und mit seiner Verschlußpartie 25 fest gegen den zweiten Ventilsitz 17 angedrückt.

[0069] Das Zurückschalten der ersten Antriebseinheit 44 in den ersten Betriebszustand erfolgt im vorliegenden Fall durch Abtrennen der Spannung von der Piezoelementanordnung 53, wobei eine nicht näher dargestellte Möglichkeit zum Abfließen der Ladung geboten wird, so daß sich die Piezoelementanordnung 53 in Verformungsrichtung 54 wieder zusammenzieht, wodurch sich das Schaltelement 21 ausgehend von der während des Umschaltens zwischenzeitlich eingenommenen gestreckten Zwischenstellung auf den zweiten Ventilsitz 17 zuwölbt. Die Wölbungsrichtung wird durch die von der zweiten Antriebseinheit 45 auf das Schaltelement 21 ausgeübte Umschaltkraft bestimmt, so daß ein sicheres Umschalten gewährleistet ist. Das Schaltelement 21 nimmt am Ende des Umschaltvorganges die zweite Schaltstellung ein, so daß die zweite Antriebseinheit 45 wieder deaktiviert werden kann. Diese Deaktivierung könnte auch dann schon erfolgen, wenn das Schaltelement 21 durch die Zwischenstellung hindurchgeschwenkt ist und bereits wieder von der Haltekraft beaufschlagt wird.

[0070] Der Umschaltvorgang von der zweiten in die erste Schaltstellung des Schaltelementes 21 verläuft analog.

[0071] Durch geeignete zeitliche Abstimmung der Betätigung der beiden vorzugsweise unabhängig von-



einander betätigbaren Antriebseinheiten läßt sich das Betriebsverhalten des Ventils, insbesondere der Energieaufwand und die Schaltgeschwindigkeit optimieren.

[0072] Eine Kombination aus einem Piezoantrieb, wie er durch die erste Antriebseinheit 44 realisiert ist, und einem Magnetantrieb 89, der die zweite Antriebseinheit 45 bildet, ist sehr vorteilhaft, da durch den Piezoantrieb große Haltekraften realisiert werden können, während der Magnetantrieb 89 ein sicheres Umschalten auch bei großem Schaltheub gewährleistet. Bei dieser Antriebskombination können kurze Schaltzeiten bei geringem Schaltenergieaufwand erreicht werden. Die definierten Schaltstellungen werden stromlos gehalten, so daß der Gesamtenergieverbrauch gering ist. Im Vergleich zu elektrostatischen Antrieben sind die hier gewählten Antriebsarten unempfindlich gegen Verschmutzung durch Partikel oder Kondensat. Durch einen Piezoantrieb alleine könnte nur eine geringe Öffnungsweite erreicht werden, da ein Umschaltvorgang nur schwer zu realisieren ist. In Kombination mit dem Magnetantrieb 89 ist ein sicheres Umschalten des Schaltelementes 21 über die Neutrallage hinweg möglich, so daß große Öffnungsweiten zu realisieren sind. Ein Magnetantrieb alleine kann nur unter Inkaufnahme von großen Schaltleistungen und großen Stromdichten die gewünschte große Haltekraft aufbringen.

[0073] Das Ventil kann außerdem einen mikrotechnologischen Aufbau aufweisen, so daß es als sogenanntes "Mikro-Ventil" ausgeführt ist. Die Abmessungen des Ventilgehäuses 2 betragen hierbei wenige Millimeter. Bei der Herstellung eines derartigen Mikro-Ventils werden mikromechanische Arbeitsverfahren, insbesondere Ätzverfahren angewandt.

#### Patentansprüche

1. Ventil, mit einem in einem Ventilgehäuse (2) angeordneten Schaltelement (21), das mittels einer Betätigungseinrichtung (22) zwischen wenigstens zwei Schaltstellungen umschaltbar ist, in denen das Schaltelement (21) durch eine von der Betätigungseinrichtung (22) aufringbare Haltekraft gehalten werden kann, dadurch gekennzeichnet, daß die Betätigungseinrichtung (22) wenigstens zwei aktiv betätigbare Antriebseinheiten (44,45) aufweist, die jeweils zwischen mehreren Betriebszuständen umschaltbar sind, wobei eine erste Antriebseinheit (44) in einem ersten Betriebszustand die auf das Schaltelement (21) einwirkende Haltekraft aufbringt und in einem zweiten Betriebszustand einen Umschaltzustand des Schaltelementes (21) hervorruft, in dem die Haltekraft zumindest teilweise aufgehoben ist, und wobei eine zweite Antriebseinheit (45) in einen Umschalt-Betriebszustand umschaltbar ist, in dem dem Schaltelement (21) eine in der gewünschten Umschaltrichtung (24) wirksame und ein Umschalten des im Umschaltzustand befindlichen Schaltelementes

(21) in Richtung der gewünschten Schaltstellung hervorruftende Umschaltkraft auferlegt wird.

2. Ventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Schaltstellung eine Schließstellung darstellt, in der das Schaltelement (21) einen in das Gehäuseinnere des Ventilgehäuses (2) einmündenden Fluidkanal (3,4) fluiddicht verschließt.
3. Ventil nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß lediglich zwei Antriebseinheiten (44,45) vorgesehen sind, die insbesondere jeweils zwischen zwei Betriebszuständen umschaltbar sind.
4. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Betriebszustand der ersten Antriebseinheit (44) den unbetätigten, nicht aktivierten Zustand und der zweite Betriebszustand einen betätigten, aktivierten Zustand darstellt.
5. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Antriebseinheit (44) über mindestens einen Aktor (52) verfügt, mittels dem eine auf das Schaltelement (21) einwirkende Kraft hervorgerufen werden kann.
6. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine und insbesondere die erste Antriebseinheit (44) eine an eine Spannung anlegbare und von dieser Spannung abtrennbare Piezoelementanordnung (53) aufweist, die sich beim Anlegen der Spannung in einer Verformungsrichtung (54) ausdehnt und beim Abtrennen der Spannung wieder zusammenzieht, oder umgekehrt, so daß durch Anlegen und Abtrennen der Spannung die Antriebseinheit (44) zwischen zwei Betriebszuständen umschaltbar ist.
7. Ventil nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß sich die erste Antriebseinheit (44) bei an die Piezoelementanordnung (53) angelegter Spannung im zweiten und bei abgetrennter Spannung im ersten Betriebszustand befindet.
8. Ventil nach Anspruch 6 oder 7 in Verbindung mit Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktor (52) von der Piezoelementanordnung (53) gebildet ist.
9. Ventil nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Piezoelementanordnung (53) zwei insbesondere quader- oder plattenähnliche Piezoelemente (57,58) aufweist, die sich in Verformungsrichtung (54) im wesentlichen parallel zum Schaltelement (21) und beiderseits des Schaltelementes (21) erstrecken.

10. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Schaltelement (21) in den unter Einwirkung der Haltekraft vorgegebenen Schaltstellungen eine in der Richtung der Umschaltbewegung ausgebauchte oder ausge-  
wölbte Form aufweist. 5
11. Ventil nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand der beiden Endbereiche (36,37) des Schaltelementes (21) durch die erste Antriebseinheit (44) vorgebbbar ist. 10
12. Ventil nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Schaltelement (21) zumindest mit einem seiner beiden Endbereiche (36,37) mit der ersten Antriebseinheit (44) bewegungsgekoppelt ist. 15
13. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Schaltelement (21) leiten- oder membranähnliche Gestalt hat und über biegeelastische Eigenschaften verfügt, wobei es beim Umschalten zwischen den Schaltstellungen eine elastische Biegeverformung quer zu seiner Ausdehnungsrichtung erfährt. 20 25
14. Ventil nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Schaltelement (21) einen eine Verschlußpartie (25) aufweisenden, blattfeder- oder membranähnlichen, in Umschaltrichtung (24) biegeelastischen Schaltkörper (27) aufweist. 30
15. Ventil nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Verschlußpartie (25) ein einstückiger Bestandteil des Schaltkörpers (27) ist. 35
16. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Antriebseinheit (44) zum Aufbringen der Haltekraft über eine federelastische Einrichtung (46) verfügt, die insbesondere von einer Federeinrichtung gebildet ist und dabei vorzugsweise von einer Druckfedereinrichtung (47). 40
17. Ventil nach Anspruch 12 oder 13 in Verbindung mit Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß die federelastische Einrichtung (46) das Schaltelement (21) quer zur Umschaltrichtung (24) drückend beaufschlagt, so daß es sich in Umschaltrichtung (24) auswölbt. 45 50
18. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine Antriebseinheit (44,45) und insbesondere die zweite Antriebseinheit (45) kontaktlos mit dem Schaltelement (21) zusammenarbeitet. 55
19. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine Antriebseinheit (44,45) und insbesondere die zweite Antriebseinheit (45) von einem Magnetantrieb (89) gebildet ist, der eine Magnetanordnung (90) aufweist, die ein Magnetfeld hervorruft, das zur Erzeugung einer auf das Schaltelement (21) einwirkenden Kraft dient.
20. Ventil nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetanordnung (90) von einer schaltbaren Elektromagnetanordnung (91) gebildet ist, deren Magnetfeld derart mit dem Schaltelement (21) zusammenarbeitet, daß es eine auf das Schaltelement (21) einwirkende Kraft hervorrufen kann.
21. Ventil nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß sich in dem von der Magnetanordnung (90) erzeugten Magnetfeld wenigstens ein bestrombarer elektrischer Leiter (97) befindet, der zumindest abschnittsweise quer zu den Magnetfeldlinien verläuft und derart mit dem Schaltelement (21) zusammenarbeitet, daß in bestromtem Zustand eine in Umschaltrichtung (24) gerichtete Kraft auf das Schaltelement (21) ausgeübt wird.
22. Ventil nach Anspruch 21 in Verbindung mit einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die in der Piezoelementanordnung (53) gespeicherte elektrische Energie in den elektrischen Leiter (97) ableitbar ist, so daß im Leiter (97) ein zur Erzeugung der als Umschaltkraft wirkenden Lorentz-Kraft dienender Strom fließt.
23. Ventil nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetanordnung (90) von einer Permanentmagnetanordnung (96) gebildet ist, die zwei insbesondere plattenähnliche Permanentmagnete (99,100) enthält, die das Schaltelement (21) auf gegenüberliegenden Seiten flankieren, so daß die Magnetfeldlinien quer zur Umschaltrichtung (24) verlaufen.
24. Ventil nach einem der Ansprüche 21 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß der mindestens eine Leiter (97) am Schaltelement (21) angeordnet oder von zumindest einer leitenden Partie des Schaltelementes (21) gebildet ist.
25. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß sich das im Umschaltzustand befindliche Schaltelement (21) in einer Zwischenstellung zwischen zwei Schaltstellungen befindet.
26. Ventil nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß das Schaltelement (21) in der Zwischenstellung in etwa die Hälfte der Umschaltwegstrecke zurückgelegt hat.

27. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 26, gekennzeichnet durch einen mikrotechnologischen Aufbau.

28. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß es sich um ein 3/2-Wegeventil handelt.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

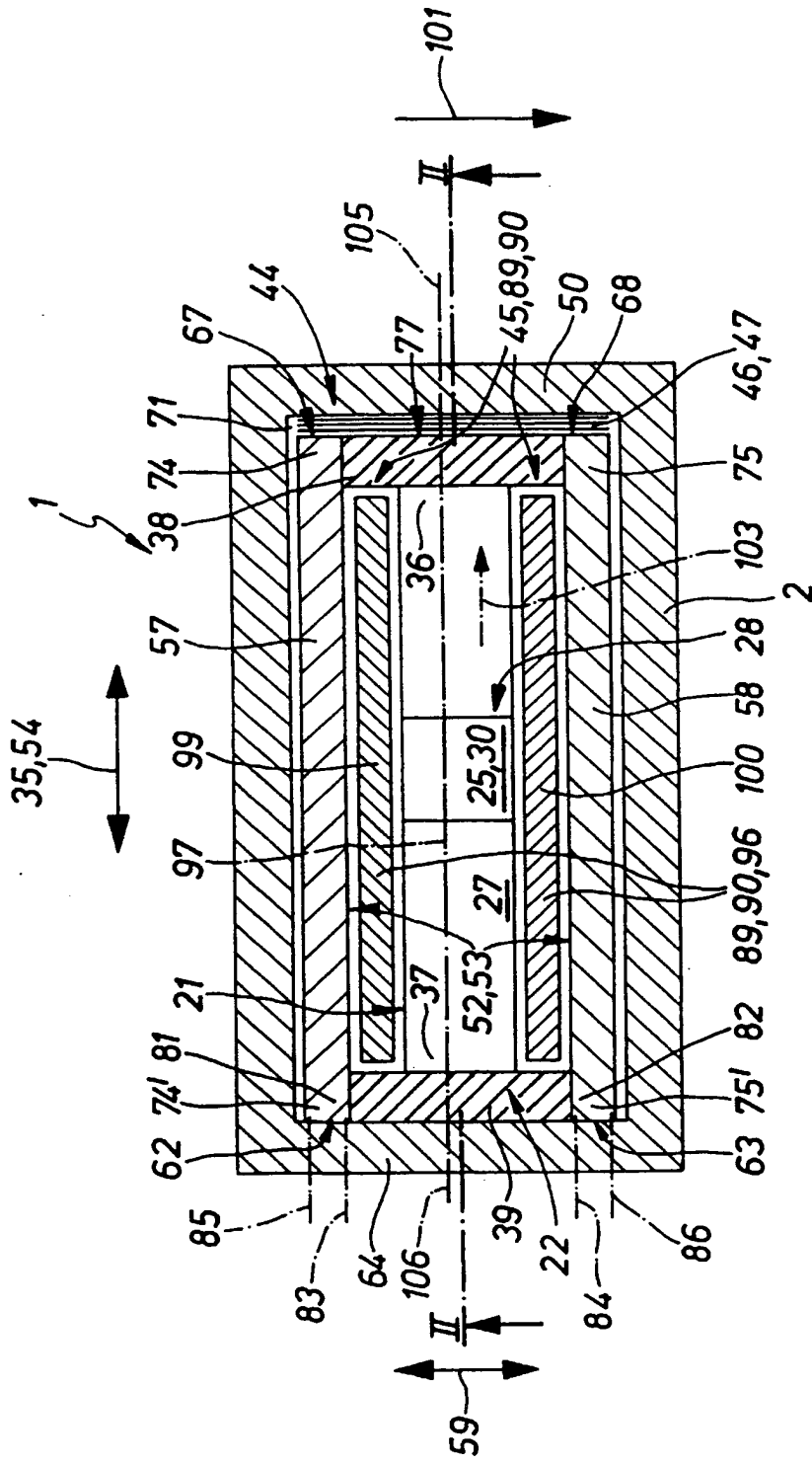
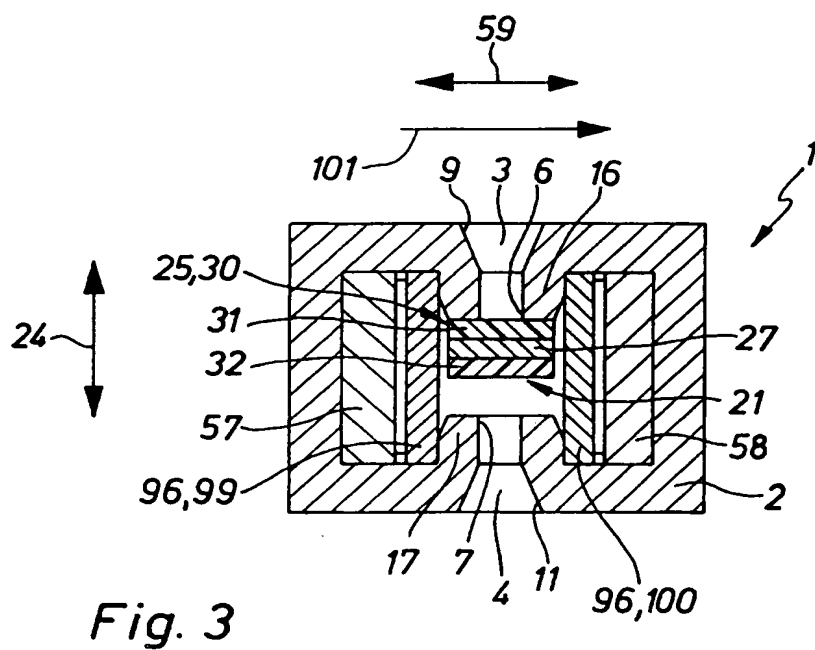
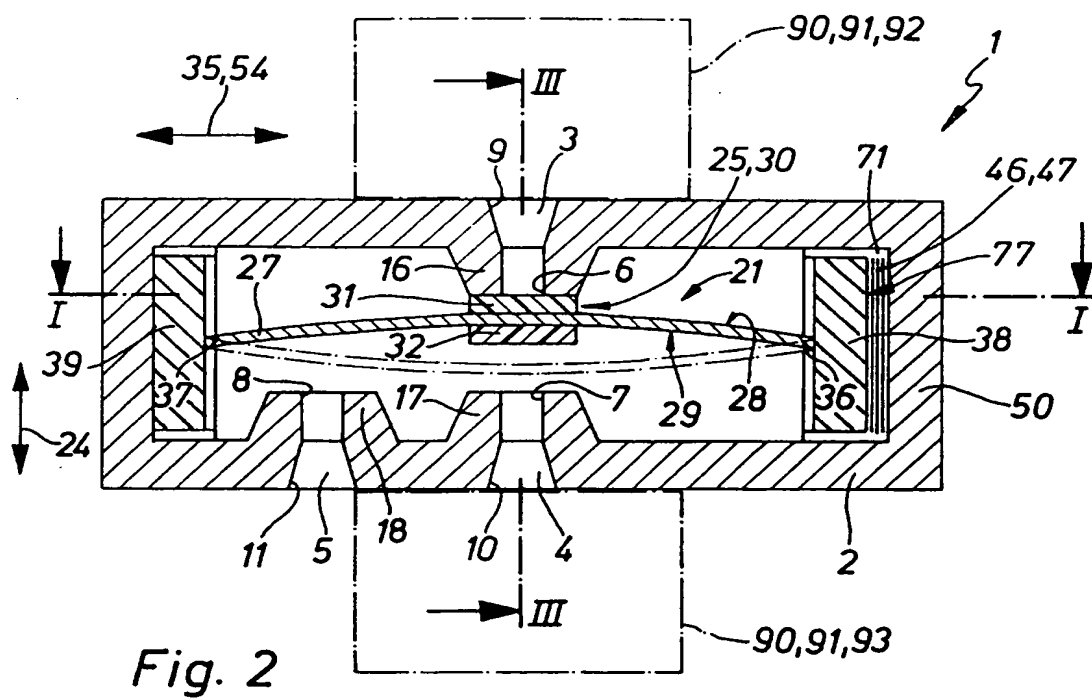


Fig. 1





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 98 11 5211

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	DE 19 77 658 U (KROMSCHRÖDER) * Ansprüche 1,2 *	1-5	F16K31/02
A	US 4 828 220 A (HASHIMOTO KENJI) 9. Mai 1989 * Ansprüche 1,7 *	1-28	
A	WO 96 26378 A (APPLIED POWER INC) 29. August 1996 * Seite 1 *	1	
A	DE 19 08 136 A (BORNHORST) 17. Dezember 1970 * Anspruch 1; Abbildung 1 *	1	
D,A	DE 36 08 550 A (FESTO KG) 17. September 1987		
D,A	DE 296 11 808 U (FESTO KG) 5. September 1996		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			F16K
Recherchenort		Prüfer	
BERLIN		Schlabbach, M	
Abschlußdatum der Recherche			
19. März 1999			
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 (03.82) (P44003)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 98 11 5211

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

19-03-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 1977658	U		KEINE		
US 4828220	A	09-05-1989	JP 63076969	A	07-04-1988
WO 9626378	A	29-08-1996	US 5593134	A	14-01-1997
			US 5630440	A	20-05-1997
			AU 4869196	A	11-09-1996
			AU 4928196	A	11-09-1996
			WO 9626377	A	29-08-1996
DE 1908136	A	17-12-1970	KEINE		
DE 3608550	A	17-09-1987	JP 62220782	A	28-09-1987
DE 29611808	U	05-09-1996	DE 19720849	A	08-01-1998

EPO FORM P461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

03-519